

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-140828

(P2004-140828A)

(43) 公開日 平成16年5月13日(2004.5.13)

(51) Int.Cl.⁷

H03M 13/19

G06F 11/10

H03M 13/09

F I

H03M 13/19

G06F 11/10

G06F 11/10

H03M 13/09

320A

330S

テーマコード(参考)

5B001

5J065

審査請求 有 請求項の数 23 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2003-352528(P2003-352528)
(22) 出願日 平成15年10月10日(2003.10.10)
(31) 優先権主張番号 2002-062692
(32) 優先日 平成14年10月15日(2002.10.15)
(33) 優先権主張国 韓国(KR)

(71) 出願人 390019839
三星電子株式会社
大韓民国京畿道水原市靈通区梅灘洞416
(74) 代理人 100070150
弁理士 伊東 忠彦
(74) 代理人 100091214
弁理士 大貫 進介
(74) 代理人 100107766
弁理士 伊東 忠重
(72) 発明者 金 基 鉉
大韓民国京畿道城南市盆唐区九美洞211
番地 ムジゲマウル大林アパート103棟
1103号

最終頁に続く

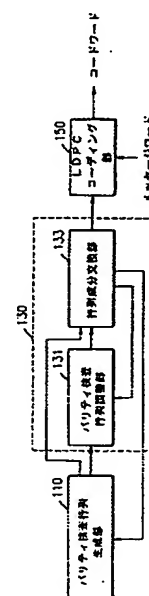
(54) 【発明の名称】 エラー訂正符号化装置及びその方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 パリティ検査行列に要求される性質を満たす同時にサイクルが除去されたパリティ検査行列を生成してLDPC復号化性能を向上させるLDPC符号化装置及び方法を提供する。

【解決手段】 各行に成分値1を有する所定数の成分を含み、その他の成分は成分値0を有するパリティ検査行列Cを生成する部と、パリティ検査行列Cを入力されてこの成分のうちに四角形の各頂点の位置にあり、各成分値が1を満たす4個の成分で構成されたサイクル形成グループを探索して1つ以上存在すれば、前記サイクル形成グループの少なくとも1つの成分の成分値1と他の成分の成分値0とを交換してサイクル形成グループが除去されたパリティ検査行列Hを出力するパリティ検査行列調整部と、サイクル形成グループが除去されたパリティ検査行列Hを入力され、m個のビットよりなったメッセージワードを入力されてLDPCコーディングを遂行する部とを含む。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

各行に成分値1を有する所定数の成分を含み、各列に成分値1を有する所定数の成分を含み、その他の成分は成分値0を有するパリティ検査行列Cを生成するパリティ検査行列生成部と、

前記パリティ検査行列生成部から前記パリティ検査行列Cを入力されて前記パリティ検査行列Cの成分のうちに四角形の各頂点の位置にあり、各成分値が1を満たす4個の成分で構成されたサイクル形成グループを探索し、前記サイクル形成グループが少なくとも1つ以上存在すれば、前記サイクル形成グループの少なくとも1つの成分の成分値1と他の成分の成分値0とを交換してサイクル形成グループが除去されたパリティ検査行列Hを出力するパリティ検査行列調整部と、 10

前記パリティ検査行列調整部から前記サイクル形成グループが除去されたパリティ検査行列Hを入力されてm個のビットよりなったメッセージワードを入力されてLDPCコーディングを遂行するLDPCコーディング部とを含むことを特徴とするエラー訂正符号化装置。

【請求項2】

前記パリティ検査行列調整部は、

前記パリティ検査行列生成部から前記パリティ検査行列Cを入力されて多数の前記サイクル形成グループを探索して第1サイクル形成グループの各構成成分の位置情報である(w_1, x_1)、(w_1, y_1)、(z_1, x_1)及び(z_1, y_1)と第2サイクル形成グループの各構成成分の位置情報である(w_2, x_2)、(w_2, y_2)、(z_2, x_2)及び(z_2, y_2)とを出力する行列成分検査部と、 20

前記行列成分検査部から前記第1サイクル形成グループの各構成成分の前記位置情報と前記第2サイクル形成グループの各構成成分の前記位置情報を入力されて前記第1サイクル形成グループの1つの構成成分 S_{ij} ($i = w_1$ または z_1 、 $j = x_1$ または y_1)の成分値1を(i, x_2)または(i, y_2)のうち1つの位置に移動させ、前記 S_{ij} の成分値1が移動した列に存在する2つの前記第2サイクル形成グループの構成成分 Q_{kl} ($k = w_2$ または z_2 、 $l = x_2$ または y_2)のうち1つの成分値1を(k, j)位置に移動させて前記第1サイクル形成グループと前記第2サイクル形成グループを除去し、新しい2つのサイクル形成グループに対して前記サイクル形成グループ除去動作を繰り返して前記パリティ検査行列Hを生成する行列成分交換部とを含むことを特徴とする請求項1に記載のエラー訂正符号化装置。 30

【請求項3】

前記パリティ検査行列調整部は、

前記パリティ検査行列生成部から前記パリティ検査行列Cを入力されて多数の前記サイクル形成グループを探索して第1サイクル形成グループの各構成成分の位置情報である(w_1, x_1)、(w_1, y_1)、(z_1, x_1)及び(z_1, y_1)と第2サイクル形成グループの各構成成分の位置情報である(w_2, x_2)、(w_2, y_2)、(z_2, x_2)及び(z_2, y_2)とを出力する行列成分検査部と、

前記行列成分検査部から前記第1サイクル形成グループの各構成成分の前記位置情報と前記第2サイクル形成グループの各構成成分の前記位置情報とを入力されて前記第1サイクル形成グループの1つの構成成分 S_{ij} ($i = w_1$ または z_1 、 $j = x_1$ または y_1)の成分値1を(w_2, j)または(z_2, j)のうち1つの位置に移動させ、前記 S_{ij} の成分値が移動した列に存在する2つの前記第2サイクル形成グループの構成成分 Q_{kl} ($k = w_2$ または z_2 、 $l = x_2$ または y_2)のうち1つの成分値1を(i, l)位置に移動させて前記第1サイクル形成グループと前記第2サイクル形成グループとを除去し、2つのサイクル形成グループについて前記サイクル形成グループ除去動作を繰り返して前記パリティ検査行列Hを生成する行列成分交換部とを含むことを特徴とする請求項1に記載のエラー訂正符号化装置。 40

【請求項4】

前記LDPCコーディング部は次の行列式
【数1】

$$H \times X = 0$$

$$(X = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \\ x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_p \end{pmatrix} \text{である } (m+p) \times 1 \text{ である行列})$$

10

20

を満足する前記行列Xの構成成分である前記パリティ情報 x_i ($i = 1, 2, \dots, p$) を決定して前記メッセージワード k_i ($i = 1, 2, \dots, m$) に前記パリティ情報 x_i ($i = 1, 2, \dots, p$) が付加されたコードワードを出力することを特徴とする請求項1に記載のエラー訂正符号化装置。

【請求項5】

30

前記行列成分交換部は前記パリティ検査行列生成部から前記パリティ検査行列Cを入力されて前記第1サイクル形成グループの1つの構成成分 S_{ij} ($i = w1$ または $z1$ 、 $j = x1$ または $y1$) の成分値1を移動させた場合に前記移動させた位置に成分値1が既に存在すれば、前記 S_{ij} の成分値1を他の位置に移動させることを特徴とする請求項2に記載のエラー訂正符号化装置。

【請求項6】

前記行列成分交換部は前記パリティ検査行列生成部から前記パリティ検査行列Cを入力されて前記第1サイクル形成グループの1つの構成成分 S_{ij} ($i = w1$ または $z1$ 、 $j = x1$ または $y1$) の成分値1を移動させた場合に前記移動させた位置に成分値1が既に存在すれば、前記第1サイクル形成グループの他の構成成分の成分値1を移動させること 40 を特徴とする請求項2に記載のエラー訂正符号化装置。

【請求項7】

前記行列成分交換部は前記パリティ検査行列生成部から前記パリティ検査行列Cを入力されて前記第1サイクル形成グループの1つの構成成分 S_{ij} ($i = w1$ または $z1$ 、 $j = x1$ または $y1$) の成分値1を移動させた場合に新しい第3サイクル形成グループが発生すれば、前記 S_{ij} の成分値1を他の位置に移動させることを特徴とする請求項2に記載のエラー訂正符号化装置。

【請求項8】

前記行列成分交換部は前記パリティ検査行列生成部から前記パリティ検査行列Cを入力されて前記第1サイクル形成グループの1つの構成成分 S_{ij} ($i = w1$ または $z1$ 、 j 50

= x_1 または y_1) の成分値 1 を移動させた場合に新しい第 3 サイクル形成グループが発生すれば、前記第 1 サイクル形成グループの他の構成成分の成分値 1 を移動させることを特徴とする請求項 2 に記載のエラー訂正符号化装置。

【請求項 9】

前記行列成分交換部は前記パリティ検査行列生成部から前記パリティ検査行列 C を入力されて前記第 1 サイクル形成グループの 1 つの構成成分 S_{ij} ($i = w_1$ または z_1 、 $j = x_1$ または y_1) の成分値 1 を移動させて前記第 1 サイクル形成グループと前記第 2 サイクル形成グループとを除去できなければ、前記行列成分検査部に他の一対のサイクル形成グループを要請して前記他の一対のサイクル形成グループに対して前記サイクル形成グループ除去動作を遂行することを特徴とする請求項 2 に記載のエラー訂正符号化装置。 10

【請求項 10】

前記パリティ検査行列交換部は前記パリティ検査行列 C に存在するサイクル形成グループが共に除去されなければ、前記パリティ検査行列生成部に新しいパリティ検査行列 C を生成することを要請する信号を送信することを特徴とする請求項 2 に記載のエラー訂正符号化装置。

【請求項 11】

(a) 各行に成分値 1 を有する所定数の成分を含み、各列に成分値 1 を有する所定数の成分を含み、その他の成分は成分値 0 を有するパリティ検査行列 C を生成するパリティ検査行列生成段階と、

(b) 前記パリティ検査行列 C の成分中に四角形の各頂点の位置にあり、各成分値が 1 を満足する 4 個の成分で構成されたサイクル形成グループを探索し、前記サイクル形成グループが少なくとも 1 つ以上存在すれば、前記サイクル形成グループの少なくとも 1 つの成分の成分値 1 と他の成分の成分値 0 とを交換してサイクル形成グループが除去されたパリティ検査行列 H を生成するパリティ検査行列調整段階と、 20

(c) 前記パリティ検査行列 H を入力されて m 個のビットよりなったメッセージワードを入力されて LDPC コーディングを遂行する LDPC コーディング段階とを含むことを特徴とするエラー訂正符号化方法。

【請求項 12】

前記 (b) 段階は、

(b1) 前記パリティ検査行列 C を入力されて多数の前記サイクル形成グループを探索して第 1 サイクル形成グループの各構成成分の位置情報である (w_1, x_1) 、 (w_1, y_1) 、 (z_1, x_1) 及び (z_1, y_1) と第 2 サイクル形成グループの各構成成分の位置情報である (w_2, x_2) 、 (w_2, y_2) 、 (z_2, x_2) 及び (z_2, y_2) とを出力する行列成分検査段階と、 30

(b2) 前記第 1 サイクル形成グループの 1 つの構成成分 S_{ij} ($i = w_1$ または z_1 、 $j = x_1$ または y_1) の成分値 1 を (i, x_2) または (i, y_2) のうち 1 つの位置に移動させ、前記 S_{ij} の成分値 1 が移動した列に存在する 2 つの前記第 2 サイクル形成グループの構成成分 Q_{kl} ($k = w_2$ または z_2 、 $l = x_2$ または y_2) のうち 1 つの成分値 1 を (k, j) 位置に移動させて前記第 1 サイクル形成グループと前記第 2 サイクル形成グループとを除去する段階と、 40

(b3) 前記 (b2) 段階を遂行し続けて前記パリティ検査行列 H を生成する段階とを含むことを特徴とする請求項 11 に記載のエラー訂正符号化方法。

【請求項 13】

前記 (b) 段階は、

(b1) 前記パリティ検査行列 C を入力されて多数の前記サイクル形成グループを探索して第 1 サイクル形成グループの各構成成分の位置情報である (w_1, x_1) 、 (w_1, y_1) 、 (z_1, x_1) 及び (z_1, y_1) と第 2 サイクル形成グループの各構成成分などの位置情報の (w_2, x_2) 、 (w_2, y_2) 、 (z_2, x_2) 及び (z_2, y_2) とを出力する行列成分検査段階と、

(b2) 前記第 1 サイクル形成グループの 1 つの構成成分 S_{ij} ($i = w_1$ または z_1 50

、 $j = x_1$ または y_1) の成分値 1 を (w_2, j) または (z_2, j) のうち 1 つの位置に移動させ、前記 S_{ij} の成分値が移動された行に存在する 2 つの前記第 2 サイクル形成グループの構成成分 Q_k 、($k = w_2$ または z_2 、 $l = x_2$ または y_2) のうち 1 つの成分値 1 を (i, l) 位置に移動させて前記第 1 サイクル形成グループと前記第 2 サイクル形成グループとを除去する段階と、

(b3) 前記 (b2) 段階を遂行し続けて前記パリティ検査行列 H を生成する段階とを含むことを特徴とする請求項 11 に記載のエラー訂正符号化方法。

【請求項 14】

前記 (c) 段階は次の行列式

【数 2】

$$H \times X = 0$$

$$(X = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \\ x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_p \end{pmatrix} \text{ である } (m+p) \times 1 \text{ である行列})$$

10

20

30

を満足する前記行列 X の構成成分である前記パリティ情報 x_i ($i = 1, 2, \dots, p$) を決定して前記メッセージワード k_i ($i = 1, 2, \dots, m$) に前記パリティ情報 x_i ($i = 1, 2, \dots, p$) が付加されたコードワードを生成する段階であることを特徴とする請求項 11 に記載のエラー訂正符号化方法。

【請求項 15】

前記 (b2) 段階は、前記パリティ検査行列 C を入力されて前記第 1 サイクル形成グループの 1 つの構成成分 S_{ij} ($i = w_1$ または z_1 、 $j = x_1$ または y_1) の成分値 1 を移動させた場合に前記移動させた位置に成分値 1 が既に存在すれば、前記 S_{ij} の成分値 1 を他の位置に移動させる段階であることを特徴とする請求項 12 に記載のエラー訂正符号化方法。

40

【請求項 16】

前記 (b2) 段階は、前記パリティ検査行列 C を入力されて前記第 1 サイクル形成グループの 1 つの構成成分 S_{ij} ($i = w_1$ または z_1 、 $j = x_1$ または y_1) の成分値 1 を移動させた場合に前記移動させた位置に成分値 1 が既に存在すれば、前記第 1 サイクル形成グループの他の構成成分の成分値 1 を移動させる段階であることを特徴とする請求項 12 に記載のエラー訂正符号化方法。

【請求項 17】

50

前記(b2)段階は、前記パリティ検査行列Cを入力されて前記第1サイクル形成グループの1つの構成成分 S_{ij} ($i=w1$ または $z1$ 、 $j=x1$ または $y1$)の成分値1を移動させた場合に新しい第3サイクル形成グループが発生すれば、前記 S_{ij} の成分値1を他の位置に移動させる段階であることを特徴とする請求項12に記載のエラー訂正符号化方法。

【請求項18】

前記(b2)段階は、前記パリティ検査行列Cを入力されて前記第1サイクル形成グループの1つの構成成分 S_{ij} ($i=w1$ または $z1$ 、 $j=x1$ または $y1$)の成分値1を移動させた場合に新しい第3サイクル形成グループが発生すれば、前記第1サイクル形成グループの他の構成成分の成分値1を移動させる段階であることを特徴とする請求項12 10
に記載のエラー訂正符号化方法。

【請求項19】

前記(b2)段階で、前記パリティ検査行列Cを入力されて前記第1サイクル形成グループの1つの構成成分 S_{ij} ($i=w1$ または $z1$ 、 $j=x1$ または $y1$)の成分値1を移動させて前記第1サイクル形成グループと前記第2サイクル形成グループとを除去できなければ、

(b2')他の一対のサイクル形成グループを入力されて前記(b2)段階を遂行する段階をさらに含むことを特徴とする請求項12に記載のエラー訂正符号化方法。

【請求項20】

(b4)前記パリティ検査行列Cに存在するサイクル形成グループが共に除去されなければ、新しいパリティ検査行列Cを生成する段階をさらに含み、 20

前記(b1)ないし前記(b3)段階を遂行することを特徴とする請求項12に記載のエラー訂正符号化方法。

【請求項21】

(a)各行に成分値1を有する所定個の成分を含み、各列に成分値1を有する所定個の成分を含み、その他の成分は成分値0を有するパリティ検査行列Cを生成するパリティ検査行列生成段階と、

(b)前記パリティ検査行列Cの成分のうち長方形の各頂点の位置にあり、各成分値が1を満足する4つの成分で構成されたサイクル形成グループを探索し、前記サイクル形成グループが少なくとも1つ以上存在すれば、前記サイクル形成グループの少なくとも1つ 30
の成分の成分値1と他の成分の成分値0とを交換してサイクル形成グループの除去されたパリティ検査行列Hを生成するパリティ検査行列調整段階と、

(c)前記パリティ検査行列Hを入力され、m個のビットよりなるメッセージワードを入力されてLDPCコーディングを行うLDPCコーディング段階とを含むことを特徴とするエラー訂正符号化方法を実現するためのプログラムを記録したコンピュータで読み取られる記録媒体。

【請求項22】

1つ以上の行及び1つ以上の列を含み、各行及び各列は第1成分値を有する多数の成分と第2成分値とを有する多数の成分とを含むパリティ検査行列を生成するパリティ検査行列生成部と、 40

前記パリティ検査行列の多数の成分のうち、長方形の各頂点に位置した4つの成分を含み、前記4つの成分は前記第1成分値を有するサイクル形成グループを探索して前記サイクル形成グループが少なくとも1つ以上存在すれば、前記各サイクル形成グループの少なくとも1つの成分の第1成分値を前記第2成分値に交替してサイクル形成グループの除去されたパリティ検査行列を出力するパリティ検査調整部と、

LDPCコーディングをするmビットメッセージワードを入力されて前記調整されたパリティ検査行列を利用してLDPCコーディングを行うLDPCコーディング部とを含むことを特徴とするエラー訂正符号化装置。

【請求項23】

1つ以上の行及び1つ以上の列を含み、各行及び各列は第1成分値を有する多数の成分 50

と第2成分値を有する多数の成分とを含むパリティ検査行列を生成する段階と、

前記パリティ検査行列の多数の成分のうち、長方形の各頂点に位置した4つの成分を含み、前記4つの成分は前記第1成分値を有するサイクル形成グループを探索して前記サイクル形成グループが少なくとも1つ以上存在すれば、前記各サイクル形成グループの少なくとも1つの成分の第1成分値を前記第2成分値に交替してサイクル形成グループの除去されたパリティ検査行列を出力する段階と、

LDP Cコーディングをするmビットメッセージワードを入力されて前記調整されたパリティ検査行列を利用してLDP Cコーディングを行う段階とを含むことを特徴とするエラー訂正符号化方法を実現するためのプログラムを記録したコンピュータで読み取られる記録媒体。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はエラー訂正符号化装置及びその方法に係り、特にLDP C (Low Density parity Code) 符号化において、パリティ検査行列の成分を調整して符号化性能を向上させるエラー訂正符号化装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

無線通信分野または光記録再生分野などで使われるエラー訂正符号化技術の1つとしてLDP C符号化方法がある。LDP C符号化は成分値1を有する成分が各行と各列に一定個数ずつ含まれ、その他の成分は成分値0を有するパリティ検査行列を利用してパリティ情報(付加情報)を生成する。LDP C符号化に対するより詳細な説明は非特許文献1に記述されている。

20

【0003】

パリティ検査行列の構成成分のうち同じ行に位置した2つの成分の成分値が1であり、その2つの成分が位置する各列に存在する成分値1の成分のうちに同じ行に位置する2つの成分が存在する場合をサイクル-4の状況という。図2A及び図3Aにサイクル-4の状況が2つ発生したパリティ検査行列の例が示されている。それぞれの図で成分値に○と□とで示された各4つの成分が1つのサイクル-4である状況を発生させる。すなわち、サイクル-4の状況は成分値が1である4つの成分が長方形の4つの頂点を形成する場合であると言える。

30

【0004】

サイクルが存在するパリティ検査行列を利用してパリティ情報を生成すれば、復号時に復号に失敗するか復号性能が低下される問題点がある。

【0005】

またパリティ検査行列は線形独立的でなければならず、前述したように各行と各列に成分値1を有する成分が一定個数ずつ含まれ、その他の成分は成分値0を有すべき2つの性質を満足しなければならない。新しいパリティ検査行列を生成するか、パリティ検査行列の構成成分の位置を移動させることによって前述した2つの性質を満たすと同時にサイクルを除去することは難しい問題点がある。

40

【非特許文献1】“Good error correction codes based on very sparse matrices”(D.J.MacKay, IEE E Trans. on Information Theory, vol.45, no.2, pp.399-431, 1999)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

したがって、本発明が解決しようとする技術的課題は、生成されたパリティ検査行列の構成成分のうちにサイクルを発生させる構成成分の位置を移動させることによって、パリティ検査行列に要求される性質を満たすと同時にサイクルが除去されたパリティ検査行列を

50

生成してLDPC復号化性能を向上させるLDPC符号化装置及び方法を提供するところにある。

【発明を解決するための手段】

【0007】

前記課題を解決するために、本発明によるエラー訂正符号化装置は、各行に成分値1を有する所定数の成分を含み、各行に成分値1を有する所定数の成分を含み、その他の成分は成分値0を有するパリティ検査行列Cを生成するパリティ検査行列生成部と、前記パリティ検査行列生成部から前記パリティ検査行列Cを入力されて前記パリティ検査行列Cの成分のうちに四角形の各頂点の位置にあり、各成分値が1を満す4個の成分で構成されたサイクル形成グループを探索して前記サイクル形成グループが少なくとも1つ以上存在すれば、前記サイクル形成グループの少なくとも1つの成分の成分値1と他の成分の成分値0を交換してサイクル形成グループが除去されたパリティ検査行列Hを出力するパリティ検査行列調整部と、前記パリティ検査行列調整部から前記サイクル形成グループの除去されたパリティ検査行列Hを入力されてm個のビットよりなったメッセージワードを入力されてLDPCコーディングを遂行するLDPCコーディング部とを含むことが望ましい。

【0008】

前記課題を解決するために、本発明によるエラー訂正符号化方法は、(a) 各行に成分値1を有する所定数の成分を含み、各列に成分値1を有する所定数の成分を含み、その他の成分は成分値0を有するパリティ検査行列Cを生成するパリティ検査行列生成段階と、(b) 前記パリティ検査行列Cの成分のうちに四角形の各頂点の位置にあり、各成分値が1を満す4個の成分で構成されたサイクル形成グループを探索して前記サイクル形成グループが少なくとも1つ以上存在すれば、前記サイクル形成グループの少なくとも1つの成分の成分値1と他の成分の成分値0とを交換してサイクル形成グループが除去されたパリティ検査行列Hを生成するパリティ検査行列調整段階と、(c) 前記パリティ検査行列Hを入力され、m個のビットよりなったメッセージワードを入力されてLDPCコーディングを遂行するLDPCコーディング段階とを含むことが望ましい。

【0009】

本発明のさらに他の側面によれば、1つ以上の行及び1つ以上の列を含み、各行及び各列は第1成分値を有する多数の成分と第2成分値とを有する多数の成分を含むパリティ検査行列を生成するパリティ検査行列生成部と、前記パリティ検査行列の多数の成分のうち、長方形の各頂点に位置した4つの成分を含み、前記4つの成分は前記第1成分値を有するサイクル形成グループを含み、前記4つの成分は前記第1成分値を有するサイクル形成グループを探索し、前記サイクル形成グループが少なくとも1つ以上存在すれば、前記各サイクル形成グループの少なくとも1つの成分の第1成分値を前記第2成分値に交替してサイクル形成グループの除去されたパリティ検査行列を出力するパリティ検査調整部と、LDPCコーディングをするmビットメッセージワードを入力されて前記調整されたパリティ検査行列を利用してLDPCコーディングを行うLDPCコーディング部とを含むことを特徴とするエラー訂正符号化装置が提供される。

【0010】

本発明のさらに他の側面によれば、1つ以上の行及び1つ以上の列を含み、各行及び各列は第1成分値を有する多数の成分と第2成分値とを有する多数の成分を含むパリティ検査行列を生成する段階と、前記パリティ検査行列の多数の成分のうち、長方形の各頂点に位置した4つの成分を含み、前記4つの成分は前記第1成分値を有するサイクル形成グループを探索して前記サイクル形成グループが少なくとも1つ以上存在すれば、前記各サイクル形成グループの少なくとも1つの成分の第1成分値を前記第2成分値に交替してサイクル形成グループの除去されたパリティ検査行列を出力する段階と、LDPCコーディングをするmビットメッセージワードを入力されて前記調整されたパリティ検査行列を利用してLDPCコーディングを行う段階とを含むことを特徴とするエラー訂正符号化方法を実現するためのプログラムを記録したコンピュータで読み取られる記録媒体が提供される。

【発明の効果】

【0011】

本発明によるエラー訂正符号化装置及び方法は、パリティ検査行列に存在するサイクル形成グループを構成する成分を適切に移動させることによってパリティ検査行列のカラムウエイトとローウエイトとを一定に維持して線形独立性を満たすと同時に、復号性能を低下させるサイクル形成グループを除去してLDPC復号化性能を向上させる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、図面を参照して本発明による望ましい実施例を詳細に説明する。

【0013】

図1ないし図3Dを参照して本発明によるエラー訂正符号化装置の一実施例を説明する

10

【0014】

図1は、本発明によるエラー訂正符号化装置のブロック図である。図1を参照すれば、エラー訂正符号化装置はパリティ検査行列生成部110、パリティ検査行列調整部130及びLDPCコーディング部150を含む。パリティ検査行列調整部130は行列成分検査部131及び行列成分交換部133を含む。

【0015】

パリティ検査行列生成部110は各行に成分値1を有する所定数の成分と各列に成分値1を有する所定数の成分を含み、その他の成分は成分値0を有するパリティ検査行列Cを生成する。パリティ検査行列Cは $p \times c$ サイズを有する。 p はパリティ情報のビット数に該当する値であり、 c はコードワードのビット数に該当する値であって p にメッセージワードのビット数に該当する値 m を加算した値である。

20

【0016】

パリティ検査行列Cは前述したように2つの性質を満足せねばならない。すなわち、カラムウエイトとローウエイトは各行と各列で常に一定でなければならない。カラムウエイトは各列に含まれた成分値が1である成分の個数をいい、ローウエイトは各行に含まれた成分値が1である成分の個数を言う。

【0017】

そして、パリティ検査行列Cは線形独立的でなければならない。線形独立性を満たさなければ、復号時にパリティ検査行列Cを使用して行列演算を遂行できないためである。

30

【0018】

例えば、パリティ検査行列Cは p が100であって m が900になって c が1000である場合、各列に3個の成分値1を含み、各行に30個の成分値1を含み、その他の成分は成分値0を有して生成できる。このような場合、パリティ検査行列Cはカラムウエイトが3であり、ローウエイトは30である。カラムウエイトとローウエイト間の比率は前記例では1:10である。しかし、これに限定される必要はない。

【0019】

パリティ検査行列調整部130はパリティ検査行列生成部110からパリティ検査行列Cを入力されてパリティ検査行列Cの成分のうち (w, x) 、 (w, y) 、 (z, x) 及び (z, y) の位置にあり、各成分値が1である4個の成分で構成されたサイクル形成グループを探索する。探索結果、サイクル形成グループが少なくとも1つ以上存在すれば、サイクル形成グループの少なくとも1つの成分の成分値1と他の成分の成分値0とを交換してサイクル形成グループが除去されたパリティ検査行列Hを出力する。

40

【0020】

本実施例でサイクル形成グループとは、パリティ検査行列Cの成分のうちから成分値が1である4つの成分が長方形の4つの頂点を形成する場合、その構成成分の集合をいう。

【0021】

図2Aないし図2Dは、パリティ検査行列調整部130によって成分値が調整されたパリティ検査行列Cの一実施例を示す図である。

50

【 0 0 2 2 】

行列成分検査部 1 3 1 はパリティ検査行列 C に存在する多数のサイクル形成グループを探索して行列成分交換部 1 3 3 に 2 つのサイクル形成グループのそれぞれを構成する成分の位置情報を出力する。

【 0 0 2 3 】

図 2 A を参照すれば、成分値に ○ と □ とで示された各 4 つの成分が 1 つのサイクル 4 である状況が発生することが分かる。4 個の成分 □ を第 1 サイクル形成グループと定義し、4 個の他の成分 ○ を第 2 サイクル形成グループと定義する。

【 0 0 2 4 】

行列成分検査部 1 3 1 は第 1 サイクル形成グループを構成する各成分の位置情報である 10
(w 1, x 1)、(w 1, y 1)、(z 1, x 1) 及び (z 1, y 1) と第 2 サイクル形成グループを構成する各成分の位置情報である (w 2, x 2)、(w 2, y 2)、(z 2, x 2) 及び (z 2, y 2) とを行列成分交換部 1 3 3 に出力する。

【 0 0 2 5 】

行列成分交換部 1 3 3 は 2 つのサイクル形成グループの各構成成分の位置情報を入力されて少なくとも 1 つの成分値を移動させることによってサイクル形成グループを除去する。

【 0 0 2 6 】

図 2 B は、行列成分交換部 1 3 3 での動作を理解しやすく説明するために図 2 A に示されたパリティ検査行列 C で第 1 サイクル形成グループ、第 2 サイクル形成グループ及び周 20
辺成分値を含み、その他の成分は省略された単純化したパリティ検査行列を示す。

【 0 0 2 7 】

図 2 C 及び図 2 D に単純化したパリティ検査行列でサイクル形成グループの構成成分を移動させる一例が図示されている。

【 0 0 2 8 】

図 2 C を参照すれば、(1, 3) の位置にあった第 1 サイクル形成グループの成分値 1 が (3, 3) の位置に移動し、第 1 サイクル形成グループの成分が移動した第 3 行に存在する 2 つの第 2 サイクル形成グループの成分のうち (3, 1) の位置にあった成分値 1 が列の値 1 は維持しつつ第 1 サイクル形成グループが存在した第 1 行に移動して (1, 1) の位置に移動した場合を示す。 30

【 0 0 2 9 】

図 2 D は、(2, 3) の位置にあった第 1 サイクル形成グループの成分値 1 が (3, 3) の位置に移動し、第 1 サイクル形成グループの成分が移動した第 3 行に存在する 2 つの第 2 サイクル形成グループの成分のうち (3, 1) の位置にあった成分値 1 が (2, 1) の位置に移動する場合を示す。

【 0 0 3 0 】

図 2 C 及び図 2 D に示されたような方式で各サイクル形成グループの構成成分の成分値 1 を移動させることによって 2 つのサイクル形成グループが除去され、パリティ検査行列について前述した 2 つの規則も相変わらず満足する新しいパリティ検査行列 H が決定される。 40

【 0 0 3 1 】

本実施例では各サイクル形成グループの構成成分の成分値 1 を列の値は維持し、行の値のみ変化させて垂直方向に移動したが、逆に列の値は維持して行の値のみ変化させて水平方向に移動させても同じ効果が達成できる。

【 0 0 3 2 】

しかし、成分値を移動させる場合に問題が生じる場合がある。

【 0 0 3 3 】

図 3 A ないし図 3 D は、サイクル形成グループの構成成分の成分値を移動させられない場合を説明するための図である。

【 0 0 3 4 】

図 3 A には成分値に○と□とで示された各 4 つの成分が 1 つのサイクル - 4 である状況が発生させるパリティ検査行列 C が示されている。□表示された 4 個の成分を第 1 サイクル形成グループといい、○表示された 4 個の他の成分を第 2 サイクル形成グループという。第 1 サイクル形成グループ及び第 2 サイクル形成グループの構成成分ではない成分であって成分値が 1 の成分には△表示になっている。

【 0 0 3 5 】

図 3 B は、説明の便宜のために図 3 A に示されたパリティ検査行列 C で第 1 サイクル形成グループ、第 2 サイクル形成グループ及び周辺成分値を含み、その他の成分は除外された単純化したパリティ検査行列を示す。

【 0 0 3 6 】

前述したように行列成分交換部 1 3 3 は図 3 B に示された 2 つのサイクル形成グループに対して第 1 サイクル形成グループの 1 つの構成成分の成分値 1 を同じ列の上で行の値を変更するが、第 2 サイクル形成グループの構成成分が存在する行に移動させる。第 1 サイクル形成グループの構成成分が移動した行に存在する 2 つの第 2 サイクル形成グループの構成成分のうち 1 つをその列の値は維持したまま移動された第 1 サイクル形成グループの構成成分が元々存在した行に移動させる。

【 0 0 3 7 】

図 3 B を参考にすれば、(1 , 3) の位置にあった第 1 サイクル形成グループの成分値 1 を (1 , 1) の位置に移動できない。既に成分値 1 が存在するためである。行列成分交換部 1 3 3 はサイクル形成グループの構成成分を移動させようとする位置に既に成分値が 1 である他の成分が存在する場合には成分値 1 が存在しない他の位置に移動させる。行列成分交換部 1 3 3 は特定サイクル形成グループの構成成分が移動できる成分値 1 が存在しない位置がなければ、他の構成成分を移動させる。

【 0 0 3 8 】

図 3 C は、(2 , 3) の位置にあった第 1 サイクル形成グループの成分値 1 が (3 , 3) の位置に移動し、第 1 サイクル形成グループの成分が移動された第 3 行に存在する 2 つの第 2 サイクル形成グループの成分のうち (3 , 2) の位置にあった成分値 1 が (2 , 2) の位置に移動された場合を示す。このような場合、点線で表示されたように (1 , 1) 、 (1 , 5) 、 (2 , 1) 及び (2 , 5) の位置に成分値 1 を有する 4 つの構成成分が存在して新しいサイクル形成グループが発生する。サイクル形成グループの構成成分を移動することによって新しいサイクル形成グループが発生すれば、その構成成分をその位置に移動できない。したがって、(2 , 3) の位置にある第 1 サイクル形成グループの構成成分は垂直方向に移動できない。

【 0 0 3 9 】

図 3 D は、(2 , 5) の位置にあった第 1 サイクル形成グループの成分値 1 が (3 , 5) の位置に移動し、第 1 サイクル形成グループの成分が移動した第 3 行に存在する 2 つの第 2 サイクル形成グループの成分のうち (3 , 2) の位置にあった成分値 1 が (2 , 2) の位置に移動した場合を示す。この場合にも点線で表示されたように (1 , 1) 、 (1 , 5) 、 (3 , 1) 及び (3 , 5) の位置に成分値 1 を有する 4 つの構成成分が存在して新しいサイクル形成グループが発生する。したがって、(2 , 5) の位置にある第 1 サイクル形成グループの構成成分を (3 , 5) の位置に移動できない。

【 0 0 4 0 】

図 3 B に示されたサイクルが発生したパリティ検査行列はサイクル形成グループの如何なる構成成分を移動させても常に新しいサイクルが発生するか移動させようとする位置に既に成分値 1 が存在する。このような場合には行列成分交換部 1 3 3 は行列成分検査部 1 3 1 に新しい一対のサイクル形成グループの位置情報を要請する。入力された新しい一対のサイクル形成グループについて前述したような動作を遂行して 2 つのサイクル形成グループを除去する。

【 0 0 4 1 】

行列成分交換部 1 3 3 はあらゆるサイクル形成グループが除去されるまで前記動作を遂

10

20

30

40

50

行し続ける。

【 0 0 4 2 】

もし、サイクル形成グループが除去されない場合、または1つのサイクル形成グループが残る場合には行列成分交換部 1 3 3 はパリティ検査行列生成部 1 1 0 に新しいパリティ検査行列を生成することを要請する信号を送送する。

【 0 0 4 3 】

L D P C コーディング部 1 5 0 はパリティ検査行列交換部 1 3 3 からサイクル形成グループが除去されたパリティ検査行列 H を入力され、m 個のビットよりなったメッセージワード k_i ($i = 1, 2, \dots, m$) を入力されて L D P C コーディングを遂行する。

【 0 0 4 4 】

10

L D P C コーディング部 1 5 0 は次の式を満足する行列 X を決定する。

【 0 0 4 5 】

【 数 3 】

$$H \times X = 0$$

$$(X = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_m \\ x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_p \end{pmatrix} \text{ である } (m+p) \times 1 \text{ である行列})$$

20

30

行列 X の構成成分のうち k_1, k_2, \dots, k_m は m ビットよりなったメッセージワードであり、 x_1, x_2, \dots, x_p は p ビットよりなったパリティ情報である。行列 H 及び行列 X の構成成分のうち k_i ($i = 1, 2, \dots, m$) は既知の値であるので前記式でパリティ情報 x_i ($i = 1, 2, \dots, p$) を定められる。

40

【 0 0 4 6 】

L D P C コーディング部 1 5 0 はメッセージワードにパリティ情報が付加されたコードワードを出力して L D P C コーディングを遂行する。

【 0 0 4 7 】

以下では、図 1、図 4 及び図 5 を参照して本発明によるエラー訂正符号化方法の一実施例を説明する。

【 0 0 4 8 】

図 4 は、図 1 に示された本発明によるエラー訂正符号化装置で実施されるエラー訂正符 50

号化方法を説明するためのフローチャートである。

【 0 0 4 9 】

パリティ検査行列生成部 1 1 0 は、各行に成分値 1 を有する所定数の成分と各列に成分値 1 を有する所定数の成分を含み、その他の成分は成分値 0 を有するパリティ検査行列 C を生成する (2 1 0 段階) 。

【 0 0 5 0 】

パリティ検査行列調整部 1 3 0 はパリティ検査行列生成部 1 1 0 からパリティ検査行列 C を入力されてパリティ検査行列 C の成分のうち (w, x) 、 (w, y) 、 (z, x) 及び (z, y) の位置にあり、各成分値が 1 である 4 個の成分で構成されたサイクル形成グループを探索する。探索結果、サイクル形成グループが少なくとも 1 つ以上存在すれば、サイクル形成グループの少なくとも 1 つの成分の成分値 1 と他の成分の成分値 0 を交換してサイクル形成グループの除去されたパリティ検査行列 H を出力する (2 3 0 段階) 。

【 0 0 5 1 】

L D P C コーディング部 1 5 0 はパリティ検査行列交換部 1 3 3 からサイクル形成グループが除去されたパリティ検査行列 H を入力され、 m 個のビットよりなったメッセージワード k_i ($i = 1, 2, \dots, m$) を入力されて L D P C コーディングを遂行する (2 5 0 段階) 。

【 0 0 5 2 】

図 5 は、図 4 に示された 2 3 0 段階の詳細構成を示すフローチャートである。

【 0 0 5 3 】

行列成分検査部 1 3 1 はパリティ検査行列生成部 1 1 0 からパリティ検査行列 C を入力され、パリティ検査行列 C に存在する多数のサイクル形成グループを探索して第 1 サイクル形成グループの各構成成分の位置情報である (w_1, x_1) 、 (w_1, y_1) 、 (z_1, x_1) 及び (z_1, y_1) と第 2 サイクル形成グループの各構成成分の位置情報である (w_2, x_2) 、 (w_2, y_2) 、 (z_2, x_2) 及び (z_2, y_2) を行列成分交換部 1 3 3 に出力する (2 3 1 段階) 。

【 0 0 5 4 】

行列成分交換部 1 3 3 は第 1 サイクル形成グループの 1 つの構成成分 S_{ij} ($i = w_1$ または z_1 であり $j = x_1$ または y_1) の成分値 1 を (i, x_2) または (i, y_2) のうち 1 つの位置に水平方向に移動させ、 S_{ij} の成分値 1 が移動した列に存在する 2 つの前記第 2 サイクル形成グループの構成成分 Q_{kl} ($k = w_2$ または z_2 、 $l = x_2$ または y_2) のうち 1 つの成分値 1 を (k, j) 位置に移動させて第 1 サイクル形成グループと第 2 サイクル形成グループとを除去する (2 3 3 段階) 。行列成分交換部 1 3 3 はサイクル形成グループの構成成分を水平方向だけではなく垂直方向に移動させることによって同じ効果が得られる。すなわち、第 1 サイクル形成グループの 1 つの構成成分 S_{ij} ($i = w_1$ または z_1 、 $j = x_1$ または y_1) の成分値 1 を (w_2, j) または (z_2, j) のうち 1 つの位置に垂直方向に移動させ、 S_{ij} の成分値が移動した行に存在する 2 つの第 2 サイクル形成グループの構成成分 Q_{kl} ($k = w_2$ または z_2 、 $l = x_2$ または y_2) のうち 1 つの成分値 1 を (i, l) 位置に垂直方向に移動させて第 1 サイクル形成グループと第 2 サイクル形成グループとを除去する (2 3 3 段階) 。行列成分交換部 1 3 3 はあらゆるサイクル形成グループが除去されるまで 2 3 1 段階及び 2 3 3 段階を遂行し続ける (2 3 5 段階) 。

【 0 0 5 5 】

また本発明はコンピュータで読み取られる記録媒体にコンピュータが読めるコードとして具現することが可能である。コンピュータが読み取られる記録媒体はコンピュータシステムによって読み取られるデータが貯蔵されるあらゆる種類の記録装置を含む。コンピュータが読み取られる記録媒体の例としては、ROM、RAM、CD-ROM、磁気テープ、フロッピー（登録商標）ディスク、光データ貯蔵装置などがあり、またキャリアウェーブ（例えば、インターネットを通じた伝送）の形態で具現されるものも含む。またコンピュータが読み取られる記録媒体はネットワークに連結されたコンピュータシステムに分散

されて分散方式にコンピュータが読み取られるコードで貯蔵されて実行できる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 5 6 】

本発明は、無線データ通信または光記録媒体にデータの記録または再生などで利用されるエラー訂正符号化分野に利用できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 7 】

【図 1】本発明によるエラー訂正符号化装置の一実施例を説明するためのブロック図である。

【図 2 A】図 1 に示されたパリティ検査行列調整部によって成分値が調整されたパリティ検査行列の一実施例を示す図である。 10

【図 2 B】図 1 に示されたパリティ検査行列調整部によって成分値が調整されたパリティ検査行列の一実施例を示す図である。

【図 2 C】図 1 に示されたパリティ検査行列調整部によって成分値が調整されたパリティ検査行列の一実施例を示す図である。

【図 2 D】図 1 に示されたパリティ検査行列調整部によって成分値が調整されたパリティ検査行列の一実施例を示す図である。

【図 3 A】サイクル形成グループの構成成分の成分値を移動できない場合を示す図である。

【図 3 B】サイクル形成グループの構成成分の成分値を移動できない場合を示す図である 20

【図 3 C】サイクル形成グループの構成成分の成分値を移動できない場合を示す図である。

【図 3 D】サイクル形成グループの構成成分の成分値を移動できない場合を示す図である。

【図 4】図 1 に示された本発明によるエラー訂正符号化装置で実施されるエラー訂正符号化方法を説明するためのフローチャートである。

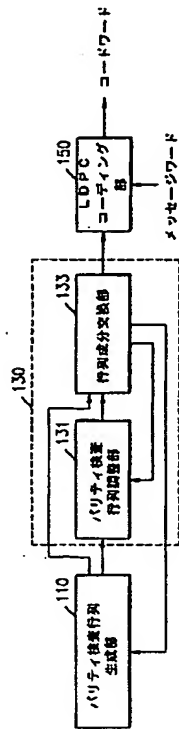
【図 5】図 4 に示された 2 3 0 段階の詳細構成を示すフローチャートである。

【符号の説明】

【 0 0 5 8 】

- 1 1 0 パリティ検査行列生成部
- 1 3 0 パリティ検査行列調整部
- 1 3 3 行列成分交換部
- 1 5 0 L D P C コーディング部

【 図 1 】



【 図 2 A 】

$$\begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ \cdot & 1 & 1 & 0 & 0 & \cdot \\ \cdot & 1 & 1 & 0 & 0 & \cdot \end{pmatrix}$$

【 図 2 B 】

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

【 図 2 C 】

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

【 図 2 D 】

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

【 図 3 C 】

$$\begin{pmatrix} \Delta & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

【 図 3 A 】

$$\begin{pmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \Delta & 0 & 1 & 0 & 1 \\ \cdot & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ \cdot & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{pmatrix}$$

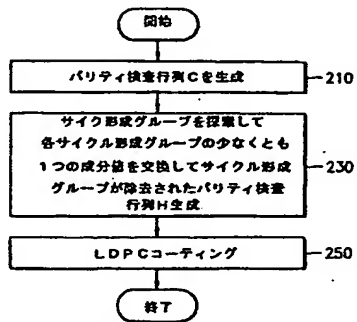
【 図 3 D 】

$$\begin{pmatrix} \Delta & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

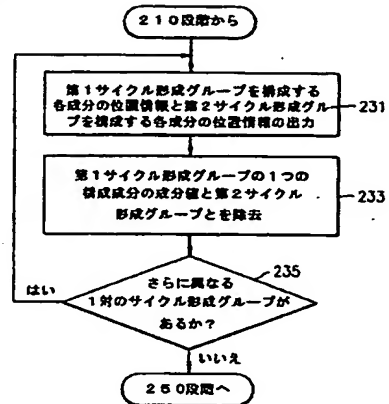
【 図 3 B 】

$$\begin{pmatrix} \Delta & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 朴 仁 植

大韓民国京畿道水原市八達区盤通2洞967-2番地 シンナムシル極東アパート615棟801号

(72)発明者 沈 載 晟

大韓民国ソウル特別市広津区紫陽1洞610-35番地

(72)発明者 韓 声 休

大韓民国ソウル特別市松坡区文井2洞150番地 ファミリー1団地アパート102棟1006号

Fターム(参考) 5B001 AA02 AA13 AB02 AB03 AC01

5J065 AA01 AB01 AC02 AC03 AD02 AH06

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.